

BERT を用いた FEC 評価方法

MP1800A シリーズ
シグナルクオリティアナライザ

1. RS-FEC の概要とその評価

IEEE802.3bj では、Reed Solomon FEC (RS-FEC) を使用した伝送方法が規定されています。IEEE802.3bj 中、100GBase-CR4/KR4 は RS(528, 514) が、100GBase-KP4 は RS(544, 514) が各々規定されています。

RS-FEC は、RS(n, k) と t を使用して、以下の様に定義できます。

k : 符号化の対象となる情報数

n : 誤り訂正用の冗長 bit を含めた符号 Symbol 数。Block と呼びます

t : 誤り訂正可能な Symbol 数で、 $t=(n-k)/2$ が成立します

上記の RS-FEC では、 t 個の Symbol の誤り訂正と $2t$ 個の Symbol の誤り検出が可能になります。

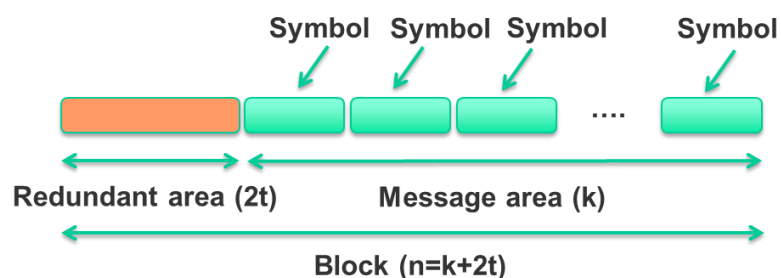


図 1.1 RS(n, k) FEC の構成

RS-FEC では、Symbol と呼ばれる複数の bit 単位で符号化処理を行います。そして誤り訂正や誤り検出も、bit 単位ではなく、この Symbol 単位で行われます。1 つの Symbol 中にある誤り個数が、1 つの場合でも複数の場合でも誤っている Symbol 数は 1 つとして扱います。

Symbol (10 bit)

	Error count = 1 → Symbol Error = 1
	Error count = 0 → Symbol Error = 0
	Error count = 10 → Symbol Error = 1
	Error count = 3 → Symbol Error = 1

図 1.2 Error bit number vs. Symbol Error number

そのため、RS-FEC では、1Block 内でいくつの Symbol に誤りがあつたか、誤りはどのように分布しているかということをパラメータとして評価することが重要です。

RS-FEC は、一般的に 1 Symbol 長は 8 bit である場合が多いですが、IEEE802.3bj で規定している RS-FEC の 1Symbol 長は 10 bit です。100GBase-CR4/KR4 で使用する RS(528, 514) では、5140 (20*257) bit の情報(Message)領域に、140 bit の冗長 bit が付加されることになっているため、1Block としては 5280 bit になります。RS(528, 514)では、7 個の Symbol の誤りが訂正可能、14 個の Symbol の誤りが検出可能です。

1 Symbol 長が 10 bit ですので、1 Block 内で訂正可能な最大 bit 数は、理論上 7 x Symbol(10 bit) で 70 bit ですが、誤りが 8 個以上の Symbol に分布している場合は、誤り個数が 70 bit 以下でも全ての誤りを訂正することはできません。同様に、誤り検出は、14 Symbol で最大 140 bit ですが、誤りが 15 Symbol 以上にまたがって分布している場合は、全ての誤りを検出することはできません。

100GBase-KP4 では FEC は、RS(544, 514)と規定されていますので、5140(20*257) bit の Message 領域に、300 bit の冗長 bit を付加しています。そのため、15 個の Symbol 誤りを訂正し、30 個の Symbol 誤りを検出することができます。

次章では、このような特性を持つ RS-FEC を MP1800A Signal Quality Analyzer の Error Detector に実装されている Capture 機能を使用して評価する方法について記載します。

2. MP1800A シグナルクオリティアナライザの設定

MP1800A の Error Detector には、様々な Trigger に応じて受信したデータを内部 Memory に格納する Capture 機能が実装されています。この機能を用いて、DUT の誤り訂正度合いを確認できます。ここでは、MP1800A を用いて通常の PRBS を発生し、受信した PRBS の誤り情報を Capture ファイルで出力する方法を説明します。Capture ファイル内の誤り発生情報からお客様自身で誤り訂正度合いを確認できます。

表 2.1 Capture Function Specification

Capture Function	
Memory Blocks	1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128
Memory size	8 Mbits / n (n: Memory blocks)
Trigger	Error, Manual, External input, Match pattern

Capture 機能は、Error Detector で同期を確立し、BER 測定している状態から実行します。以下に Capture 機能の設定手順を示します。

図 2.1 をご覧ください。まず Error Detector 画面から、Capture タブを選択します。

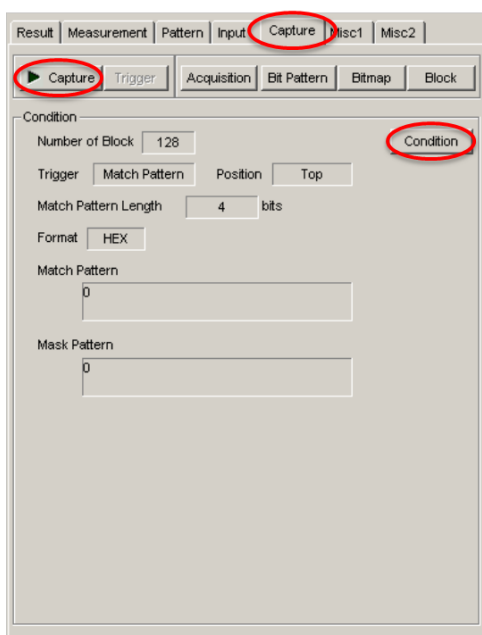


図 2.1 Capture Display

次に、Condition ボタンを押すと、図 2.2 の Condition Setting 画面が開きますので、Capture 条件を設定します。ここでは、Number of Block を 128、Trigger を Error Detect に設定し、OK を押します。これで、誤りが発生する度に 65536bit の受信パターンを最大 128 回連続で Memory に格納する設定ができました。

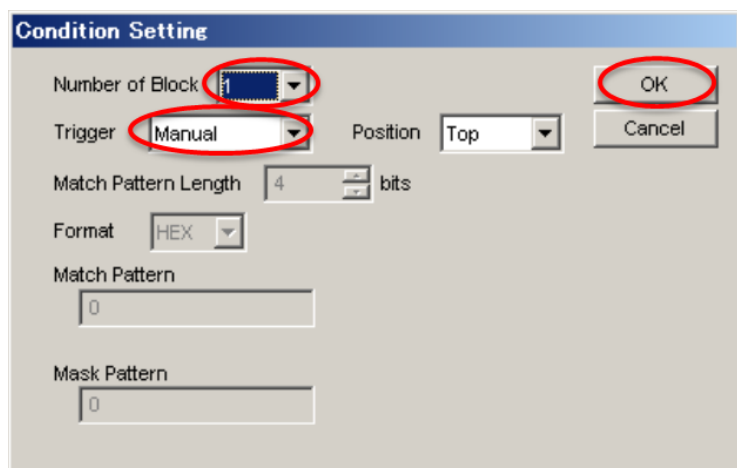


図 2.2 Condition Setting Display

IEEE802.3bj の RS-FEC は 1 Block が 5440 bit か、5280 bit なので、1 つの Capture Block (65536 bit) の中に、RS-FEC の 10 Block 以上を格納することができます。必要に応じて図 2.2 の Number of Block に、より小さな値を選択することで、Capture Memory Size を大きくし、一度に Capture する RS-FEC Block 数を増やすこともできます。

Capture 設定完了後に、図 2.1 の Capture ボタンを押すと、誤りが発生する毎に受信データが Capture されます。Capture は、Number of Block で指定した全 Block の Capture が完了するか、再度 Capture ボタンを押すことで終了します。

次に、Capture したデータを読み出す手順について説明します。図 2.2 で設定した Block 数を全て Capture するか、誤り発生後に再度 Capture ボタンを押した場合、図 2.3 のように、Acquisition ボタンが有効になります。



図 2.3 Acquisition button

Acquisition ボタンを押すことで、図 2.4 の Capture Acquisition 画面が開きます。この画面では、Capture メモリに取り込んだデータを画面上で見る Block を指定します。

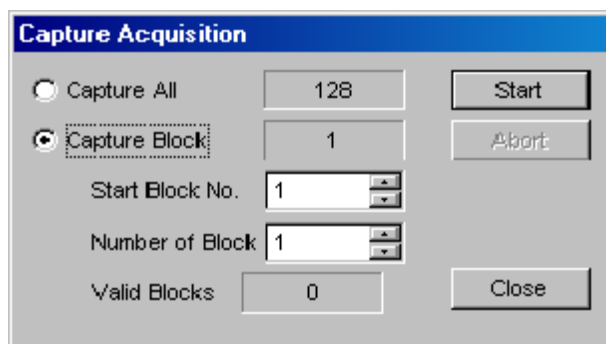


図 2.4 Capture Acquisition Display

Capture した全ての Block を見る場合には、Capture All を選択し、部分的に確認する場合には、Capture Block を選択した後に、取り込む Block の先頭位置と取り込む Block 数を指定し、Start ボタンを押してください。画面への取り込みが始まります。

取り込んだデータは、Bit Pattern, Bitmap, Block の 3 つの方法で表示できます。3 つのいずれの方法でも、誤りが Insertion Error (本来 0 になるべき Bit が、1 になった誤り)か、Omission Error (本来 1 になるべき Bit が、0 になった誤り)か、その両方を含むものなのか、確認することができます。

Bit Pattern は、取り込んだパターンを 2 進数または 16 進数形式で表示します。Bitmap は、0/1 の情報は示さず、誤りが全体の中でどのように分布しているか直感的に把握できるように色で誤り情報を表示します。Block は、複数の Block を並べて表示することで、特定の Bit Sequence が同様の誤りを発生していないか、把握する場合に使用します。

FEC の解析には、Bitmap と Bit Pattern 形式を使った解析が有効です。まず Bitmap 表示で誤りが、Burst 的に発生しているのか、Random に発生しているのか、誤り分布の傾向全体を把握します。次に、その誤りが Symbol 単位で見た場合にどの様に分布しているか、把握するために、Bit Pattern 表示を使用します。

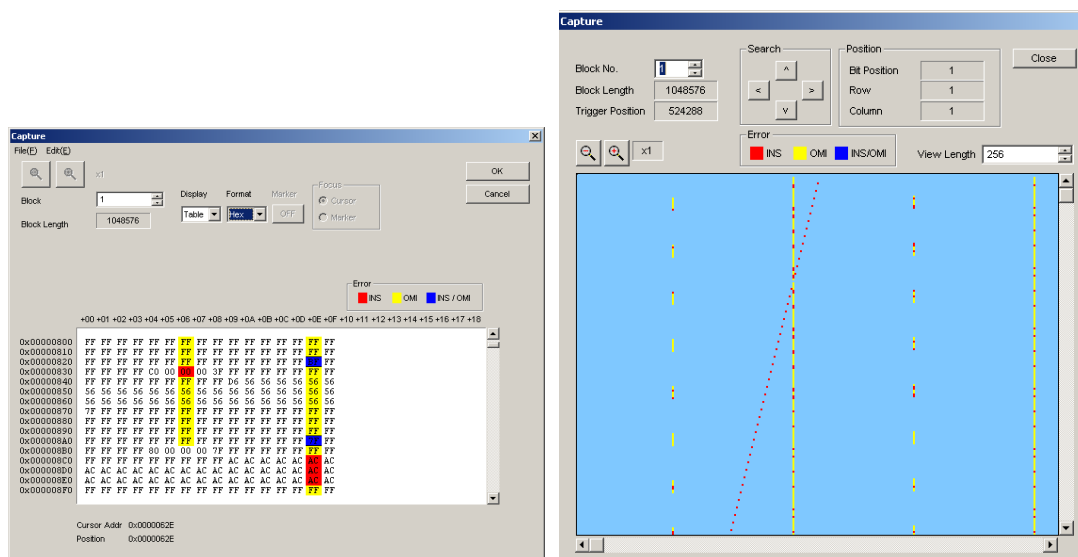


図 2.5 Bit Pattern Display と Bitmap Display

3. 誤り個数の把握

Captureしたデータは、テキストフォーマットで2進数形式(BIN Text Pattern)または16進数形式(HEX Text Pattern)で保存することができます。

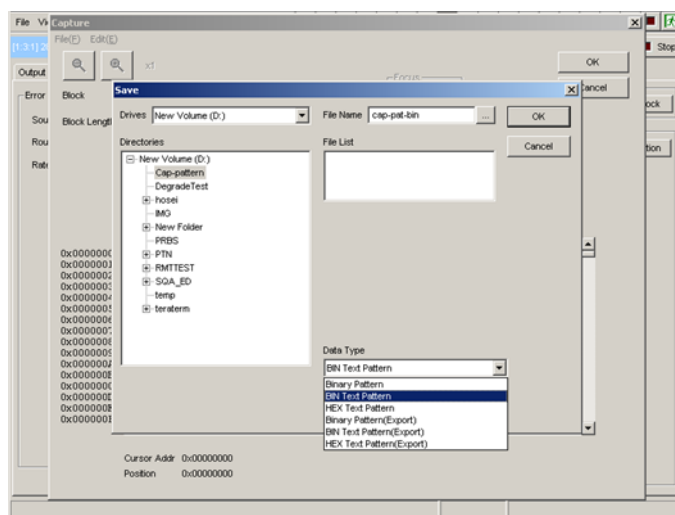


図 3.1 Saving Capture Data

上記 File Menu の Data Type の中から BIN Text Pattern 形式を選択し、Capture データを保存すると、保存時に指定したファイル名、例えば cap-pat-bin というファイル名を指定した場合、以下の3つのファイルが生成されます。

cap-pat-bin.txt: Capture 条件と Pattern 情報が記載されています。

cap-pat-bin 000.dtt: Capture した受信 Pattern に対応する Reference Pattern が保存されています。

cap-pat-bin 001.dtt: Capture した受信 Pattern に対応する誤りの位置が保存されています。

誤りの部分は"1"、誤りのない部分は"0"で表示されます。


```

0 ..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5 ..... 6 ..... 7 ..... 8 .....
1 Anritsu;MP1800A;01.00;TXT;DAT_DATA-----↵
2 Length          65536↵
3 OutputType      Bin↵
4 ↵
5 0100111010001000010110001100111000101101010110110001000000100101100111↵
6 1100100010101111010011000001110001010111101101100000111001001011110110↵
7 1001000111001000100110110100110010100100010101000010011000000111001010↵
8 1111101101000001111001000111101110100110111001100010100110101011000010↵
9 1000000101110000111110001101110111101101001100111001000101010110100110↵
10 00000010001010111111001100000111101010111101111000000111001110111101↵
11 1010110011110010000101011101001110000011000101101111010110001001110000↵
12 1011001011011100010100010011011000011001010010111010100001000110000011↵

```

図 3.2 Reference Pattern (**00.dtt)

図 3.2 の例では、PRBS Pattern が表示されます。

```

0 ..... 1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5 ..... 6 ..... 7 ..... 8 .....
1 Anritsu;MP1800A;01.00;TXT;DAT_DATA-----↵
2 Length          65536↵
3 OutputType      Bin↵
4 ↵
5 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000↵
6 00010000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000↵
7 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000↵
8 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000↵
9 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000↵
10 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000↵
11 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000↵
12 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000↵

```

図 3.3 Error bit information (**001.dtt)

図 3.3 の例で、赤丸で囲った部分のように、誤りが存在していた場合は、その位置に”1”が表示されます。この誤り情報を含む**001.dtt で、”1”の数を数えることで全体の誤りの数を把握することができますと同時にいくつかの Symbol に誤りがまたがっているのかを把握することができます。

参考文献:

- IEEE 802.3bj™/D3.1, 13th February 2014
- オーム社、誤り訂正符号とその応用、ISBN-13: 978-4274034862



お見積り、ご注文、修理などは、下記までお問い合わせください。記載事項は、おことわりなしに変更することがあります。

アンリツ株式会社

<http://www.anritsu.com>

本社	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名 5-1-1	TEL 046-223-1111
厚木	〒243-0016 神奈川県厚木市田村町 8-5	
	計測器営業本部	TEL 046-296-1202 FAX 046-296-1239
	計測器営業本部 営業推進部	TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248
	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名 5-1-1	
	ネットワーク営業本部	TEL 046-296-1205 FAX 046-225-8357
新宿	〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-14-1	新宿グリーンタワービル
	計測器営業本部	TEL 03-5320-3560 FAX 03-5320-3561
	ネットワーク営業本部	TEL 03-5320-3552 FAX 03-5320-3570
	東京支店(官公庁担当)	TEL 03-5320-3559 FAX 03-5320-3562
仙台	〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中央 4-6-1	住友生命仙台中央ビル
	計測器営業本部	TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529
	ネットワーク営業本部東北支店	TEL 022-266-6132 FAX 022-266-1529
名古屋	〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 3-20-1	サンシャイン名駅ビル
	計測器営業本部	TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485
大阪	〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-101	大同生命江坂ビル
	計測器営業本部	TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118
	ネットワーク営業本部関西支店	TEL 06-6338-2900 FAX 06-6338-3711
広島	〒732-0052 広島県広島市東区光町 1-10-19	日本生命光町ビル
	ネットワーク営業本部中国支店	TEL 082-263-8501 FAX 082-263-7306
福岡	〒812-0004 福岡県福岡市博多区櫻田 1-8-28	ツインスクエア
	計測器営業本部	TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699
	ネットワーク営業本部九州支店	TEL 092-471-7655 FAX 092-471-7699

再生紙を使用しています。

計測器の使用方法、その他については、下記までお問い合わせください。

計測サポートセンター

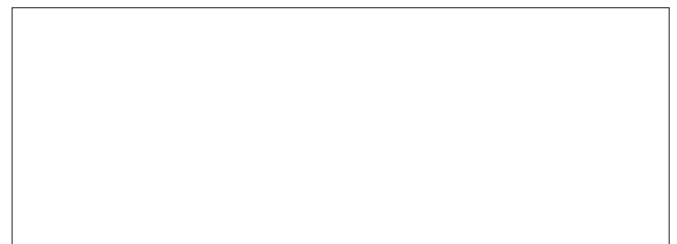
TEL: 0120-827-221, FAX: 0120-542-425

受付時間 / 9:00~12:00, 13:00~17:00, 月~金曜日(当社休業日を除く)

E-mail: MDVPOST@anritsu.com

● ご使用の前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。

1305



■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本国政府の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。

No. MP1800A_FEC-J-F-1-(1.00)



2014-6 MG